



# Undersökning av geosyntetiska markförstärkningsmetoder

- Geonät och Geoceller

---

Annica Wedholm

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala  
Uppsala 2023



# Undersökning av geosyntetiska markförstärkningsmetoder - Geonät och Geoceller

*A study of geosynthetic soil reinforcement methods - Geogrids and Geocells*

Annica Wedholm

**Handledare:** Jan Eriksson, SLU, institutionen för mark och miljö  
**Examinator:** Viveka Hoff, SLU, institutionen för stad och land  
**Biträdande examinator:** Helena Nordh, SLU, institutionen för stad och land

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i landskapsarkitektur  
**Kurskod:** EX1004  
**Program/utbildning:** Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för stad och land  
**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2023  
**Omslagsbild:** TCS Geotechnics (2023). *Geogrid*. [fotografi]. © 2023 Technical Civils Solutions Ltd. [TCS GEOTECHNICS | HOME OF GROUND STABILISATION PRODUCTS \(tcs-geotechnics.co.uk\)](https://www.tcs-geotechnics.co.uk) [2023-05-16]  
**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd. Om inget annat anges är bilderna författarens egna.  
**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>  
**Nyckelord:** markförstärkning, geosynteter, geonät, geoceller, markstabilisering, geoteknik, geokonstruktion

## Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektu

# Sammanfattning

En tillgänglig, trygg och säker trafikmiljö är betydelsefulla aspekter oavsett om du är bilist, cyklist eller gångtrafikanter och därav blir stabila vägbyggen och underhåll av vägar väldigt viktigt. Vägar utgör en viktig del av vår infrastruktur och bidrar till ett fungerande samhälle. Ökade klimatlaster såsom torka, nederbörd och temperatur, är faktorer som kan påverka marken och därmed orsaka problem med geokonstruktioner och vägar. Klimatförändringarna resulterar således i större utmaningar med vägbyggen såsom sättningar, erosion och tjälskador. För att förstärka marken vid vägbyggen kan man använda geosyntetiska markförstärkningsmetoder. Geonät och geoceller armerar materialet i väggroppen och gör att belastningar sprids över större yta. Därmed får marken förbättrade egenskaper.

Syftet med detta arbete är att bidra med information om markförstärkningsmetoderna, geonät och geoceller, samt undersöka om dessa metoder är lämpliga lösningar till en parkväg som ska förstärkas i Farsta kommun. I studien förenas teori med intervjuer och egna observationer för att kunna möta syftet och sammanställa vetenskap, kunskaper och aktuella erfarenheter inom ämnet. De sammanvägda resultaten från de olika studierna visar på att de geosyntetiska markförstärkningsmetoderna är väl fungerande alternativ till hållbara vägbyggen och lämpliga lösningar för projektet i Farsta kommun.

Det är något ovisst hur mycket längre livslängd en väg kan få med geosyntetiska markförstärkningsmetoder då det beror på flera faktorer. Det var svårt att hitta information om studier av metoderna i Sverige och en långtidsuppföljning och utvärdering av projektet i Farsta kommun rekommenderas som vidare studier.

*Nyckelord:* markförstärkning, geosynteter, geonät, geoceller, markstabilisering, geoteknik, geokonstruktion

## Abstract

An available, safe and secure traffic environment are important aspects regardless of whether you are a motorist, cyclist or pedestrian and therefore stable road construction and maintenance becomes essential. Roads are an important part of our infrastructure and contribute to a functioning society. Changes in precipitation and temperature are factors that can affect the soil thus geoconstructions and cause problems with roads. Therefore, the effects of climate change leads to greater challenges with road construction such as subsidence, erosion and frost damage. Geosynthetic soil reinforcement can be used to strengthen the ground in road construction. Geogrids and geocells can reinforce the material in the road superstructure and spread loads over a larger area. As a result, the soil acquires improved properties.

The objective of this essay is to provide information regarding the soil reinforcement methods, geogrids and geocells, and examine whether these methods are suitable solutions for the reinforcement of a parkway in Farsta municipality. The study combines theory with interviews and observations in order for the result to comply with the purpose and to obtain science, knowledge and current experiences in the subject. The combined results from the various studies show that the geosynthetic soil reinforcement methods are well-functioning alternatives to sustainable road construction and suitable solutions for the project in Farsta municipality.

It is somewhat uncertain how much longer service life a road obtains with these methods as it depends on several factors. Information about studies of the methods conducted in Sweden was difficult to find and a long-term follow-up and evaluation of the project in Farsta municipality is a recommendation for further studies.

*Keywords:* geosynthetics, geogrid, reinforced soil, reinforcement, geosynthetics, geogrids, geocells, soil stabilization, geotechnics, geo construction

# Förord

Detta kandidatarbete är skrivet av mig, Annica Wedholm, under Landskapsingenjörsprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet i Ultuna. Det är ett självständigt arbete inom Landskapsarkitektur som omfattar 15 högskolepoäng och utgör, för mig, det sista momentet i en intressant, lärorik och rolig utbildning.

Jag vill tacka Bodil Dahlman för tipset om projektet i Farsta kommun. Jag tackar också Farsta kommun och Jan Ekman som gett mig en inblick i ett intressant projekt. Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Jan Eriksson, för den vägledning jag fått och till kursansvarig Helena Nord, för alla goda råd. Jag tackar också alla personer som har deltagit i intervjuer och bidragit med sin kunskap samt min mamma som gett mig värdefull respons.

Annica Wedholm  
Uppsala, juni 2023

# Innehållsförteckning

<b>Förord</b> .....	<b>5</b>
<b>Figurförteckning</b> .....	<b>8</b>
<b>Inledning</b> .....	<b>9</b>
1.1 Uppsatsens utgångspunkt .....	10
1.2 Syfte .....	11
1.2.1 Frågeställning .....	11
1.2.2 Avgränsning .....	11
1.3 Teoretisk bakgrund .....	12
1.3.1 Jordarter och geotekniska egenskaper .....	12
1.3.2 Väderförhållanden och klimatförändringar .....	13
1.3.3 Jordartsproblematik .....	13
1.3.4 Vägens uppbyggnad .....	14
1.3.5 Markförstärkning .....	15
1.3.6 Geosyntetiska markförstärkningsprodukter .....	15
<b>Metod</b> .....	<b>19</b>
2.1 Observationer vid platsbesök .....	19
2.2 Kvalitativ intervjustudie .....	20
2.3 Kartjämförelser .....	20
<b>Resultat</b> .....	<b>21</b>
3.1 Observationer .....	21
3.1.1 Projekt-SHP .....	21
3.1.2 Persbergsbacken .....	25
3.1.3 Ölmevägen .....	26
3.1.4 Västboda .....	28
3.2 Intervjustudie .....	29
3.3 Planering och förberedelser för projekt-SHP .....	31
3.3.1 Förslag på produkter till projekt-SHP .....	32
<b>Diskussion</b> .....	<b>33</b>
4.1 Resultatdiskussion .....	33
4.1.1 Projekt-SHP Förslag och dokumentation .....	35
4.2 Ämnets relevans till kursen Självtändigt arbete i Landskapsarkitektur .....	35
4.3 Metodreflektion .....	36
4.4 Vidare studier .....	36
4.5 Slutsats .....	37
<b>Referenser</b> .....	<b>38</b>

<b>Publicering och arkivering .....</b>	<b>40</b>
---	-----------

# Figurförteckning

Figur 1. Vägavsnittet i Projekt-SHP. © Lantmäteriet.....	10
Figur 2. Vägens uppbyggnad .....	14
Figur 3. Exempel på placering av geonät i överbyggnad.....	16
Figur 4. Nätprofiler.....	17
Figur 5. Geoceller. (Mardam Agentur u.å.) .....	18
Figur 6. Sluttning, i söder, ner mot vägen och tillfälliga vattensamlingar intill vägen. Ekman (2023) ©Scalgo Scalable Algorithmics - SCALGO <a href="http://scalgo.com/">http://scalgo.com/</a> .	21
Figur 7. Den aktuella vägen. Projekt-SHP 2023. ....	22
Figur 8. Stående vatten längs vägen. Projekt- SHP 2023. ....	23
Figur 9. Jordartskarta. © Sveriges geologiska undersökning.....	24
Figur 10. Persbergsbacken 2021. (Ekman 2021). ....	25
Figur 11. Persbergsbacken 2023 .....	26
Figur 12. Bilder från Ölmevägen och anläggning av Geonät. (Ekman 2021). ....	27
Figur 13. Ölmevägen 2023.....	27
Figur 14. Västboda. April 2023.....	28
Figur 15. Sträckan indelad i vägavsnitt med produktförslag. ....	31



# Inledning

” En fungerande och stabil infrastruktur är grunden för alla framgångsrika samhällen. För att möta framtida utmaningar som vi människor och vår planet står inför måste våra industrier och infrastrukturer göras mer inkluderande och hållbara.” (UNDP 2022).

Ovan förklaras ett av FN:s globala mål för hållbar utveckling som handlar om att bygga varaktig infrastruktur.

Enligt Trafikverket (2021) bör gångtrafiken ses som ett färd sätt jämställt med övriga färd sätt inom samhällsplanering och ungefär en femtedel av alla resor utgörs av gångtrafik. En tillgänglig, trygg och säker trafikmiljö är viktiga aspekter oavsett om man är bilist, cyklist eller fotgängare. Antal skadefall inom gångtrafiken påverkas till stor del av gatornas underhåll och idag är den befintliga infrastrukturen i Sverige, till stor del eftersatt. Kraven på mer hållbara, välfungerande och säkra vägar ökar (Höök 2020). Samtidigt utsätts geokonstruktioner för ökade påfrestningar från klimatförändringar såsom ökad nederbörd, förändrade grundvattennivåer, torka, tjäle med sättningar, sprickbildning och ojämnheter som följd (Lundström et al. 2018).

Vädrets växlingar påverkar markförhållandena och markens bärighet vilket i sin tur påverkar geokonstruktioner (Rankka et al. 2019). En geokonstruktion är en uppbyggnad som har till uppgift att fungera stödjande eller bärande och ofta utgörs av jord eller berg (Rikstermbanken u.å.). Infrastruktur består av geokonstruktioner med avsikt att finnas under lång tid och därför är det angeläget att ta hänsyn till klimatförändringarnas utmaningar redan vid projektering av infrastruktur (Wågberg 2003).

Det finns många olika lösningar och metoder för att stabilisera marken vid vägbyggen med avsikt att minimera risken för skador i markbeläggningen (Lundström et al. 2018). Många av metoderna är avancerade och kostsamma men det finns också relativt enkla lösningar som används i samma syfte, nämligen Geosynteter. Geosyntetiska markförstärkningsmetoder är på många sätt en fördelaktig lösning för mer beständiga vägbyggen och en större inblick i detta ämne skulle kunna vara betydelsefullt för ett mer hållbart samhälle.

### *Förtydligande*

Studien bygger delvis på information från intervjudeltagare. Där intervjudeltagarna anges som källa benämns de med respektives efternamn utan årsangivelse och dessa finns inte med i källförteckningen. Mer information om intervjuerna och deltagarna finns i avsnitt 2.1 och 3.2.

## 1.1 Uppsatsens utgångspunkt

Studien började efter ett möte med Jan Ekman på Farsta kommun i mars 2023, då jag fick information om ett projekt i Hökarängen som ska genomföras med start under våren 2023. Hökarängen är en stadsdel i Farsta kommun ungefär 8 km söder om Stockholms innerstad.

Projektet gäller en problematisk parkväg. Det är en gång- och cykelbana (gc-bana), som är i dåligt skick med mycket sprickbildning. Vägen har vid upprepade tillfällen lagats och återigen spruckit vilket nu behöver åtgärdas. Farsta kommun vill förstärka marken i vägvsnittet för att förhoppningsvis minska framtida underhåll. Det är en viktig väg för genomfart och förbindelse med tunnelbanan då det är den enda tillgänglighetsanpassade gc-bana och den förbinder Skönstaholm sydost om Hökarängen och Hökarängens tunnelbanestationen. Därmed är en åtgärd motiverande och prioriterad (Ekman). I denna uppsats benämns projektet härnäst Projekt-Stabilisering Hökarängen Parkväg, med förkortningen Projekt-SHP. Figur 1 nedan, visar vägvsnittet med en röd linje. Detta är platsen för projekt-SHP. Hökarängens tunnelbanestation finns markerad med en röd prick på bilden.



Figur 1. Vägvsnittet i Projekt-SHP. © Lantmäteriet

För att förstärka vägar kan man till exempel byta ut massorna under vägen eller förstärka jorden med olika bindemedel. Eftersom det gäller en lågt trafikerad gata valde Farsta kommun att förstärka vägen med olika geosyntetiska lösningar i stället för att använda avancerade, kostsamma metoder och stora maskiner. På Farsta kommun såg man geosyntetisk markförstärkning som ett mer ekonomiskt alternativ för att öka anläggningens livslängd och samtidigt som en möjlighet till att testa och utvärdera olika varianter av geosynteter. De geosyntetiska markförstärkningsmetoderna som de planerar att testa i projektet, och som analyseras i denna uppsats, är geoceller och olika typer av geonät.

## 1.2 Syfte

Syftet med denna uppsats är att informera om de geosyntetiska markförstärkningsmetoderna, geoceller och geonät, med intentionen att fastställa om, och hur de kan vara fördelaktiga. Uppsatsen kommer även att belysa om användningen av dessa metoder är ett sätt att arbeta förutseende med klimatförändringarnas påverkan på infrastruktur. Avsikten är också att bistå Farsta kommun med dokumentation av Projekt-SHP och bidra med ett underlag för val av lösningar samt förslag på produkter.

### 1.2.1 Frågeställning

Följande frågeställningar har formulerats utifrån syftet:

- Är geonät och geoceller lämpliga alternativ för markstabilisering av parkvägen i Hökarängen? Vilka produkter kan rekommenderas till projektet?
- Kan geosyntetiska markförstärkningsmetoder vara ett sätt att arbeta förutseende med att motverka eventuella effekter av klimatförändringarna och dess negativa påverkan på exempelvis vägar.

### 1.2.2 Avgränsning

Denna studie är delvis geografiskt avgränsad. Den skrevs med anknytning till projekt-SHP i Farsta kommun. Analysen grundas på observationer från fyra specifika platser i Farsta varav två platser där geosyntetisk markförstärkning redan installerats. Uppsatsen avgränsas också till de två produkterna geonät och geoceller som ska användas i projekt-SHP.

## 1.3 Teoretisk bakgrund

Följande kapitel syftar till att ge förståelse för studien och den teoretiska information som behövs för att besvara forskningsfrågorna. Materialet till detta kapitel har till största del samlats in genom en litteraturgenomgång. Litteraturen som hittades via SLU-bibliotekets söktjänst Primo, biblioteket och via sökmotorn Google, genomsöktes efter intressant och ämnesrelevant fakta. Utifrån det insamlade materialet jämfördes och sammanställdes tidigare forskning och information inom ämnet från en rad olika källor. Materialet användes för att skapa följande generella och vetenskapliga bild av ämnet.

### 1.3.1 Jordarter och geotekniska egenskaper

*Geoteknik* är läran om markunderlagets byggnadstekniska egenskaper. Markens geotekniska egenskaper beror bland annat på jordens kornstorlek, kornens form och porernas volym (SGI 2020). Vid alla typer av anläggningsarbeten är markens beskaffenhet av stor betydelse. Jordarterna på platsen bör kartläggas och ligga till grund för planering, val av tekniska lösningar och byggmetoder för att motverka problem med anläggningen.

För många tusen år sedan malde inlandsisen ner bergarter till markpartiklar vilka avlagrades på olika platser i landskapet och bildade dagens jordar. De delas in i olika jordarter beroende på vilken kornstorlekssammansättning jorden har. Sveriges vanligaste jordarter är morän, sand, silt och lera (Blombäck et al. 2020). Dessa är mineraliska jordarter men det förekommer även organiska jordar. Organiska jordar är torv och gytjtja vilka deformeras mycket vid belastning och de bör därför inte bebyggas. Mineraljordarna delas in i friktionsjordar och kohesionsjordar. Friktionsjordar är grovkorniga jordar som sand och grus och till kohesionsjordar hör bland annat leror (SGI 2022). Leror är finkorniga och suger lätt upp vatten via sina fina porer och har stor förmåga att hålla kvar vattnet (Blombäck et. al). Vattenhalten i jorden är en av de faktorer som avgör hur stabil marken är. Högt vatteninnehåll innebär större risk att marken rör på sig (SGI 2020). Finkorniga jordar blir plastiska vid högt vatteninnehåll. Det vill säga att de blir lättflytande, rörliga och även mer tjälfarliga. Vägar byggda på lerig, alltså finkornig mark drabbas därför oftare av sprickbildning, körspårsbildning och krackelerad yta (Byggros u.å.). Ju djupare lerlager under en väg desto större risk för skador i beläggningen (SGI 2020). Vid vägbyggnation i sådana lägen kan man behöva byta ut massorna och använda mer ändamålsenliga massor till vägbygget (Skogskunskap 2016).

*Permeabilitet* anger hur väl materialet släpper igenom vatten vilket har stor betydelse när man planerar för dränering och byggnation. Grus har stora porer och

därmed hög permeabilitet och blir därför snabbt torr (SGI 2020). I geotekniska sammanhang är grus ett bra material och används ofta som underlag till vägar (Blombäck et al. 2020).

### 1.3.2 Väderförhållanden och klimatförändringar

Geokonstruktioner påverkas bland annat av klimatlaster. Med klimatlaster menas exempelvis torka, vattenflöden, temperatur, vind och snöbelastning (Lundström et al. 2018). Både temperatur och nederbörd ökar i Sverige. Det är sannolikt att extremt varma perioder som under sommaren 2018 kommer att bli vanligare och det beror på klimatförändringen (Naturskyddsföreningen 2020). Naturvårdsverket menar att klimatförändringarna kan få betydande konsekvenser för vägnäten. Teknisk infrastruktur såsom vägar, broar, järnvägar och annan bebyggelse påverkas av klimatet. Långa torrperioder kan innebära att grundvattennivån sjunker och det kan medföra sättningar i marken (Lundström et al. 2018). Årsmedelnederbörden i Sverige har ökat med hundra millimeter på cirka femtio år och förväntas att fortsätta öka i hela Sverige (SMHI 2022). Enligt en studie från Statens geotekniska institut är nederbörd den främsta orsaken till ras, skred och sättningar i vägbankar (Svensk byggtjänst 2020).

### 1.3.3 Jordartsproblematik

Nedan presenteras några i Sverige vanliga problem som kan uppstå i bland annat väganläggningar till följd av markens beskaffenhet och klimatpåverkan.

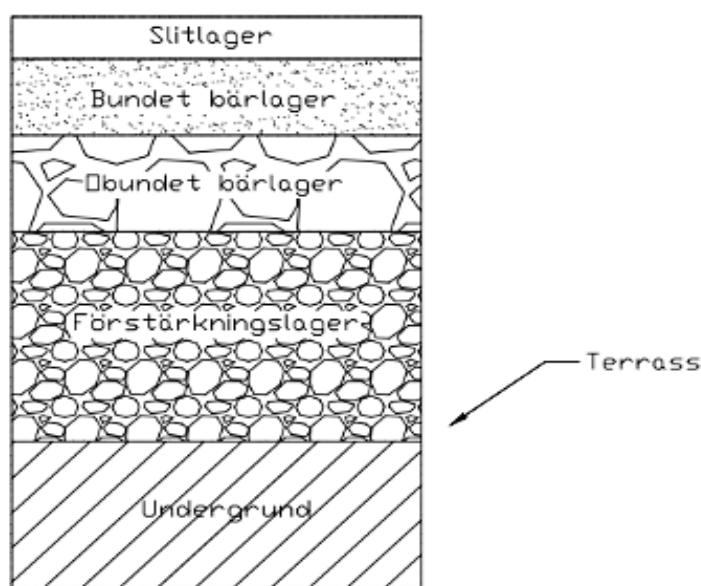
*Sättningar* är när markytan sjunker på grund av att den underliggande jorden komprimeras. Detta kan ske på grund av att vattnet i jordlagren trycks undan av belastning eller att grundvattennivån sänks och kan leda till skador i anläggningar (SGU u.å.). Sättningar kan pågå under en väldigt lång tid, upp till 30 till 50 år (Byggros u.å.).

*Tjäle* uppstår när vattnet i markens porer fryser till is. Detta sker vid långa perioder med kallt väder vilket förekommer vintertid i Sverige. När vatten fryser till is, ökar volymen med 9 procent och det kan orsaka tjällyftning. Det vill säga att markytan höjs. När tjälen upphör sjunker marken återigen ihop, vilket kallas tjällossning (SMHI 2012). Dessa rörelser i marken kan göra att markbeläggningen spricker. Hur tjälfarlig en jord är och hur djupt tjälen når beror bland annat på markens egenskaper såsom vatteninnehåll, kornstorleken, och kapillär stighöjd (Bodin et al. 2021). Vägar är särskilt utsatta för tjäle eftersom snön, som ger en isolerande effekt, plogas bort. Tekniska installationer kan skadas när isen expanderar (Trafikverket 2022).

*Krackelering* av markbeläggningen kan uppstå vid otillräcklig dränering av vägkroppen vilket påverkar materialen under asfalten genom bland annat tjäle. Med *krackelering* menas en serie av längsgående och tvärgående sammanbundna sprickor. Det kan även bero på högre trafikbelastning än beräknat och förekommer ofta på vägar med relativt tunn och eventuellt för styv beläggning (Wågberg 2003).

### 1.3.4 Vägens uppbyggnad

En vägkonstruktion består vanligtvis av flera olika lager med olika material och funktion. Den uppbyggnaden med de olika lagren kallas för överbyggnad.



Figur 2. Vägens uppbyggnad

Underbyggnad eller undergrund är delen längst ned. Den ingår inte i den så kallade överbyggnaden. Undergrund kallas den om den är orörd och underbyggnad om den är konstruerad. Terrassen är ytan av underbyggnaden eller undergrunden och överbyggnadens underlag (Wiman et al. 1999). Terrassens bärighet beror framför allt på jordarten och markfukten i undergrunden (Skogskunskap 2016). Överbyggnad är hela det lager som är ovanför terrassen. Överbyggnaden brukar delas in i slitlager, bärlager och förstärkningslager. Slitlagret är det översta lagret i vägkonstruktionen alltså vägytan. Förstärkningslager ska fördela trafiklasten, förstärka undergrunden och verka dränerande. Förstärkningslagret kan bestå av bergkross eller naturligt material, alltså markmaterial som inte är bearbetat av människan. Bärlagrets funktion är att fördela belastningen och består av sten och sand (Wiman et al. 1999). Bärlagret delas ibland upp i obundet och bundet bärlager beroende på hur hög trafikbelastning det ska klara av. En högtrafikerad väg kan ha

både bundet och obundet bärlager. Bundet bärlager består av cement- eller asfaltbundet grus (Bodin et al. 2021).

Tjockleken på överbyggnaden spelar en avgörande roll för vägarnas stabilitet (Suku et al. 2017). Dimensioneringen och val av material till väguppbyggnaden planeras efter den beräknade trafiklasten. Makadam, det vill säga grus i olika fraktioner, används som material i överbyggnader (Wiman et al. 1999).

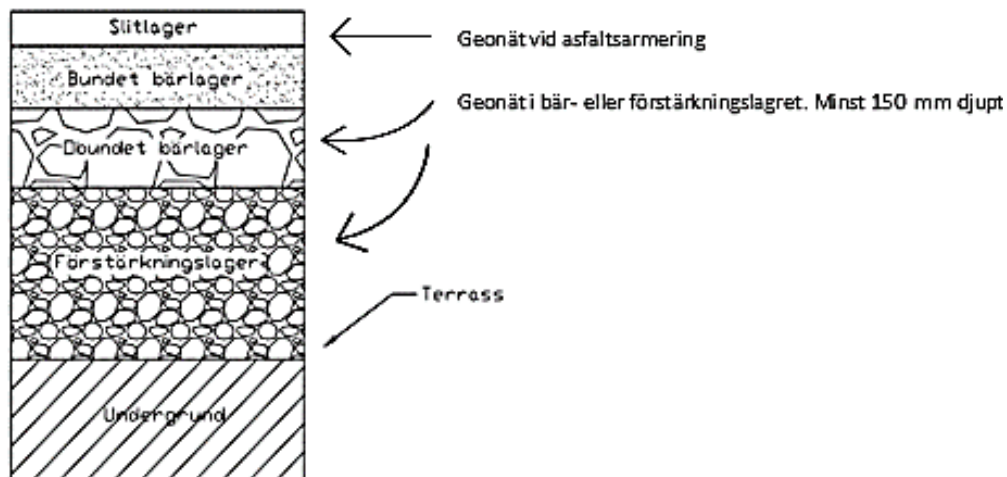
### 1.3.5 Markförstärkning

Om mark med sämre beskaffenhet ska bebyggas kan man förstärka marken på olika sätt för att undvika problem med att marken rör på sig och orsakar skador i anläggningen. Det finns flera olika metoder för att förstärka mark vid anläggning av exempelvis byggnader och vägar. Ett exempel är pålning. Det är en metod som innebär att man borrar eller slår ner pålar i marken tills de kommer ner till fast underlag. Pålarna kan vara tillverkade av bland annat betong, stål eller trä och dessa hjälper till att bära laster (Olsson 2020). En annan metod är kalkstabilisering. Metoden går ut på att kalk tillsätts i jorden för att öka dess bärighet och stabilitet. Man kan tillsätta kalk som pelare genom att man borrar hål som fylls med kalk eller cement (Mehrabi et al. 2018). Man kan även använda kalk som ett bindemedel genom att man blandar den med jorden vilket också skapar ett stabilare underlag (Wang et al. 2019). Vidare finns även olika geosyntetiska produkter som kan användas vid förstärkning av mark.

### 1.3.6 Geosyntetiska markförstärkningsprodukter

*Geosynteter* är en benämning på syntetiska produkter som används inom geotekniska anläggningsprojekt. Det finns många olika varianter av geosyntetiska produkter till exempel geotextil, geomembran och geonät, med olika funktioner för olika ändamål. De är ofta tillverkade av ett slags plastmaterial som polyeten, polyamid, polyester, eller polypropen. Geosynteter används för att på olika sätt förbättra markens egenskaper till exempel som materialavskiljare, armering, dränering och tätning (Rogbeck et al. 1994). Enligt tillverkarna av produkterna kan mängden fyllnadsmaterial i överbyggnaden reduceras när man använder geosynteter som markförstärkare. Oförstärkt mark kräver tjockare lager i överbyggnaden för att uppnå samma livslängd. Detta är något som även forskningen stödjer. I en artikel i tidningen *Geotextiles and Geomembranes* skriver Suku et al. (2017) att utförliga studier baserade på testresultat visar att geonät bidrar till förbättrad prestanda samt minskning av tjockleken av bärlagret i jämförelse med förstärkta sektioner.

Geosynteterna kan appliceras på olika nivåer i konstruktionen beroende på avsikt och förutsättningar (Mardam Agentur u.å.).



Figur 3. Exempel på placering av geonät i överbyggnad.

Geonät kan bland annat användas för så kallad asfaltsarmering. Då läggs nätet på den gamla beläggningen och ny asfalt läggs ovanpå. Detta ska göra ytbeläggningen mer tålig. Det kan också användas längre ned i överbyggnaden för att få en lättare eller stabilare konstruktion. Det ska då täckas med ett bär- eller förstärkningslager om minst 150 mm (Skogskunskap 2016). Man kan använda flera lager geonät för att erhålla extra förstärkning av vägen. I samtal med Byggros berättar de att man då oftast lägger ett första lager geonät på terrassen. Om det behövs ytterligare ett lager ska det läggas 400 till 500 mm upp i profilen räknat från det första geonätet. Vidare förklarar Byggros att för att få ut maximalt av geonäten bör material ovanför ett geonät inte överstiga 500 mm.

Nedan förklaras produkterna geonät och geoceller vilka är geosyntetiska produkter som används för att stabilisera marken vid bland annat vägbyggen på lös undergrund.

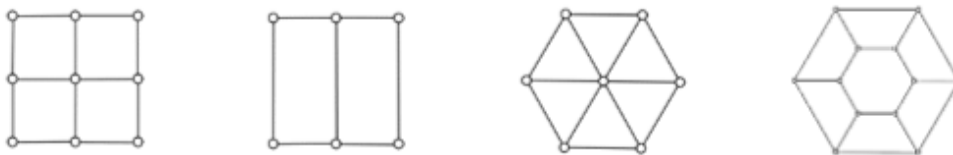
### Geonät

Ett geonät är en nätkonstruktion som förbättrar markens bärighet genom att låsa fast fyllningsmaterialet i nätets maskor. Nätet samverkar på så vis med markmaterialet. Det är därför viktigt att använda rätt grusstorlek till geonäten så stenen låses fast (Mardam Agentur u.å.). Har man fel kornstorlek så kan gruset röra sig ovanpå nätet vilket skaver och sliter på nätet. Kombinationen mellan nätets maskor och gruskornen gör att materialet ovanför nätet fixeras. På så sätt bildas ett mer stabilt lager som ska öka effekten av markpackningen och fördela belastningen (Byggros u.å.).



Det finns många tillverkare av produkten och många olika typer av geonät. De kan vara tillverkade i olika material, flexibelt eller styvt, och de är tillverkade med olika maskbredder och olika styrkor beroende på fraktionen på krossmaterial och vägens belastning. Elastiska nät tillverkade av vävd och laminerad polyester, PET, ska ha större interaktion med grusmaterialet och detta ökar armeringseffekten ytterligare till skillnad från stansade hårda nät av materialet Polypropen, PP (Mardam Agentur u.å.).

Det finns fyra olika utformningar gällande nätstrukturer. En-, två och treaxiala och den senaste varianten kallas InterAx (Törnkvist). Nedan visas utformningen av nätens maskor. Från vänster visas tvåaxial, enaxial, treaxial och varianten längst till höger är InterAx.



Figur 4. Nätprofiler.

Vilken typ man ska använda sig av beror på ändamålet. Vilken plats, jordtyp och belastning den ska klara och vilken fraktion i överbyggnaden som ska användas.

Det finns också geonät med en integrerad geotextil. Geotextilen skiljer materialen i marken åt. Men även geonät utan geotextil har viss materialavskiljande funktion mellan finkorniga och grovkorniga jordar (Törnkvist). Som nämnts tidigare finns det även geonät för asfaltsarmering. Det appliceras i slitlagret och fungerar som ett spänningsbrytande skikt som motverkar återkomsten av gamla sprickor i den nya beläggningen (Mardam Agentur u.å.). Mardam Agentur rekommenderar signalnät vid anläggningar på ställen där kablar eller ledningar finns. Dessa nät appliceras relativt nära ytan för att de ska upptäckas i tid. Det är nät i orange färg som förvarnar grävmaskinister om att ledningar eller kablar finns på platsen.

I Mardam Agenturs produktbeskrivning skriver de att användning av geonät är en ekonomiskt och tidsmässigt fördelaktig metod och dessutom en lätthanterlig produkt vid markarmering. Den levereras på rullar och är flexibel och lätt att skära till. Med hjälp av geonät får konstruktioner ökad livslängd och kan bättre stå emot skador från bland annat sättningar (Byggros u.å.).

## Geoceller



Figur 5. Geoceller. (Mardam Agentur u.å.).

Det är en kraftfull teknik men ändå en relativt enkel metod. Dessutom ger det liten miljöpåverkan, ett hållbart resultat och det är kostnadseffektivt (Mardam Agentur u.å.)

Kjeld berättar att geoceller har samma stabiliserande funktion som geonät men effekten kan bli större tack vare djupet i cellerna. Geoceller är dock något dyrare och kräver en mer komplicerad anläggning om man jämför med geonät men i vissa fall är det en bättre lösning. Han säger även att geoceller kan minska fyllnadskravet med 50 procent, minska anläggningskostnader och minska underhåll av vägar eller andra anläggningar. Enligt Vieira (2022) bidrar geoceller till stark hållfasthet som motverkar skjuvning. *Skjuvning* är en deformation i marken som uppstår på grund av rörelser i sidled (Rikstermbanken u.å.). Mardam agentur (u.å.) uppger att armering med geoceller kan göra att undergrunden tål betydligt högre belastning. Geoceller minimerar belastningsrelaterad deformation och sättningar och minskar sprickbildning i ytskiktet och erosion, vilket är vanligt med mjuka jordar (Mardam agentur u.å.)

# Metod

För att denna uppsats ska kunna besvara dess frågeställningar har ett antal olika insatser genomförts. Empiriska metoder i form av intervjuer och samtal, egna observationer vid platsbesök och kartjämförelser utfördes för att samla information till studien. Kombinationen av metoderna medför ett mer tillförlitligt resultat och en adekvat sammanställning av vetenskap, kunskaper och aktuella erfarenheter. Nedan beskrivs metoderna mer utförligt.

## 2.1 Observationer vid platsbesök

En empirisk studie i form av observationer genomfördes vid platsbesök. Platserna som besöktes var, förutom gatan i Projekt-SHP, två gator där det utförts anläggning av geosyntetisk markförstärkning för två år sedan samt en gata där det finns samma slags problem men där man i dagsläget inte har gjort dessa åtgärder.

Observationerna vid dessa platser resulterade i dokumentation från pågående projekt och resultat från referensanläggningar med tidigare utförd markförstärkning som vidare tolkades och redovisas i resultatkapitlet.

Målet med observationsmetoden var att jämföra hur gator med och utan geosyntetisk markförstärkning har fungerat. Metoden tillämpades även för att försöka förstå anledningen till att dessa vägar har drabbats av problem och för att kunna bedöma om geosyntetisk markförstärkning kan fungera på vägen i Projekt-SHP.

Observationerna genomfördes systematiskt. För att studera platserna och skillnaden mellan dem, utan att information gick förlorad, utförde jag observationer på samtliga platser under samma dag och fotograferade och antecknade noggrant. Granskningen av vägen och omgivningarna utfördes efter ett protokoll med ett antal punkter som checkades av. De punkter som kontrollerades var om vägen hade sprickbildning. Om sprickor fanns, noterades om de var längsgående, tvärgående eller bestod av krackelering. Hur breda, långa och djupa sprickorna var samt om det fanns hål och andra ojämnheter i vägbeläggningen. Vidare granskades skicket på vägbeläggningens kanter och även diken undersöktes för att se om dikeskanterna eroderar vilket kan påverka överbyggnaden då material försvinner. För att ta reda på varför platsen är problematisk studerades dessutom de närmsta omgivningarna för att undersöka om det sluttar mycket vid vägen och om det verkar blött i marken på platsen.

## 2.2 Kvalitativ intervjustudie

En studiemetod med intervjuer och samtal genomfördes. Ytterligare en empirisk metod vars poäng var att samla information om anläggning, hållbarhet och resultat från tidigare projekt. Denna metod valdes eftersom syftet med studien var att ta reda på när de geosyntetiska markförstärkningsmetoderna är passande lösningar. Jag ville ta del av erfarenheter från tidigare användning av metoderna i Sverige och personer valdes utifrån detta. De kontaktades via epost för tillfrågan och informerades om syftet med intervjun. De hade möjlighet att titta igenom materialet i förväg för att kunna ta ställning till om de ville avböja eller godkänna sin medverkan. Intervjuerna genomfördes därefter via digitala möten, telefonsamtal, mailkonversation eller fysiska möten. Studien utfördes till stor del som öppna samtal för att hållas flexibel och kunna passa till de tillfällen som gavs och deltagarens unika roll. Informationen dokumenterades med anteckningar under samtalens gång. Därefter bearbetades och analyserades samtalsmaterialet utifrån frågeställningen och delar valdes ut för att få ett hanterbart och ämnesrelevant resultat. Skriftligt samtycke till alla intervjuer finns.

## 2.3 Kartjämförelser

För att ytterligare undersöka platserna som besöktes, och för att samla in mer information utfördes även jämförelser och studier av kartor. De kartmaterial som jämfördes var Jordartskartan från SGU:s kartvisare och ett flygfoto från Lantmäteriet. En terrängkarta från Scalgo Scalable Algorithmics studerades också. Detta ökade förståelsen för platsernas problematik, bidrog till diskussion och underlättade i val av produktförslag. Resultat från detta redovisas i avsnitt 3.1 Observationer.

# Resultat

I följande kapitel redovisas resultaten som framkommit av observationer vid platsbesöken och från samtal. Dokumentation och planering inför projekt-SHP framförs också. I diskussionsavsnittet analyseras resultaten.

## 3.1 Observationer

En okulär bedömning av vägar är en viktig metod för objekt som är i behov av underhåll och för att hitta orsak till skador (Wågberg 2003).

Den 11 april 2023 utförde jag observationer tillsammans med Jan Ekman på Farsta kommun. Han började med att visa mig vägen för projekt- SHP. Sedan åkte vi till Persbergsbacken, Ölmevägen och Västboda.

### 3.1.1 Projekt-SHP

Vägavsnittet där markförstärkningen ska utföras är en del av en gång- och cykelbana i ett område som kallas för Veckodagsområdet, då gatorna är namngivna efter veckodagarna. Sträckan som ska förstärkas är ungefär 270 meter lång. Vägen ansluter till Örbyleden i väster och går i sydostlig riktning mot Skönstaholm. Den ligger i en relativt brant sluttning, bevuxen av blandskog som domineras av tall. Figur 6 nedan visar vägavsnittet inringat med rött och sluttningen ner mot vägen är markerad med en pil.



Figur 6. Sluttning, i söder, ner mot vägen och tillfälliga vattensamlingar intill vägen. Ekman (2023) ©Scalgo Scalable Algorithmics - SCALGO <http://scalgo.com/>

Under platsbesöket observerades stor mängd längsgående sprickor i asfalten på vägen vilket visar på problem med marken. Wågberg (2003) förklarar att tjälprickor oftast visar sig som längsgående sprickor och uppstår på grund av tjällyftningar. Vägar med tjälproblem har ofta jord vars hållfasthet påverkas mycket av vatten och på ställen där det blir tjälprickor räcker det oftast inte med vanliga beläggningsåtgärder. Jag såg även mindre tvärgående sprickor i asfalten. Ekman berättade att tvärgående sprickor ofta beror på trädrötter under belaggnings.



*Figur 7. Den aktuella vägen. Projekt-SHP 2023.*

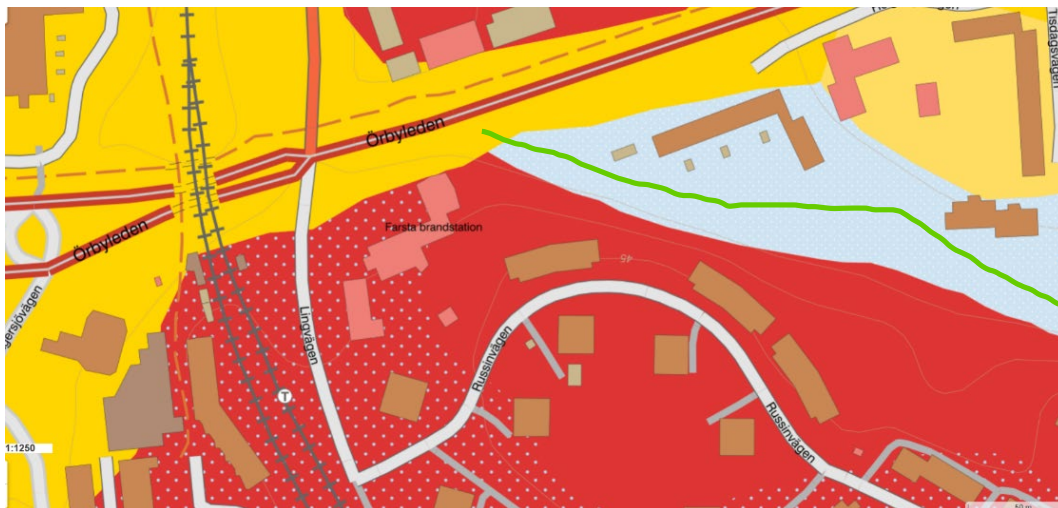
Det var tydligt att det är, och har varit mycket problem med vägen. Det fanns många gamla lagningar där sprickor har fyllts igen och asfalten har lappats vid upprepade tillfällen utmed hela sträckan (Figur 7).

En annan observation jag gjorde på platsen, som verkar tyda på ostabilt underlag är att lyktstolparna längs med vägen lutar. Ekman berättade att dessa rätades upp så sent som år 2021 då de lutade kraftigt. Nu kan man som sagt tydligt se att de återigen lutar utåt från vägen. Enligt Skogsstyrelsen (2023) kan träd eller stolpar som lutar i en slänt kan vara ett tecken på erosion.



*Figur 8. Stående vatten längs vägen. Projekt- SHP 2023.*

Jag upplevde även att träden vid sidan om vägen tycks må ganska dåligt vilket också skulle kunna bero på ogynnsamma markförhållanden. Det var väldigt blött i dikena längs med vägen. Framför allt på den norra sidan av vägen vilket är precis nedanför den branta slänten. Det samlas även lite vatten i diket på andra sidan vägen. Det har visat sig att man vid något tillfälle har tagit bort fyra dagvattenbrunnar i området vilket kan vara en trolig anledning till att det samlas mycket vatten omkring vägen (Ekman). I dagsläget har jag inte information om anledningen till detta.



Figur 9. Jordartskarta. © Sveriges geologiska undersökning.

Enligt figur 9, som visar en kartbild från SGU:s kartvisare för jordarter, består marken i området av sandig morän (ljusblått fält), urberg (rött fält), och glacial lera (gult fält). Som nämnts tidigare sluttar det uppåt längs med vägens södra sida och där visar kartan att marken består av urberg enligt det röda fältet. När man jämför flygfotot i figur 1 med jordartskartan från SGU (figur 9), ligger vägen till största delen ovanpå sandig morän. Den gröna linjen i figur 9 visar ungefärlig position av vägen. Morän innehåller alla kornstorlekar och benämns efter den dominerande kornstorleken. Sandig morän innehåller alltså till största delen sand. Partiklarna i sand är 0,06 till 2 mm stora (Blombäck et al. 2020). Moräner är i regel stabila och kan utgöra bra underlag för byggnation men hållfastheten kan till viss del försvinna om jorden blir vattenmättad (Skogsstyrelsen 2023).



### 3.1.2 Persbergsbacken.



*Figur 10. Persbergsbacken 2021. (Ekman 2021).*

År 2021 gjorde man om en gång- och cykelbana med en ny väganläggning där man inkluderade geoceller i vägkonstruktionen (Figur 10). Innan detta var vägen i dåligt skick. Ekman berättar att det var djupa hjulspår och krackeleringsskador i vägbanan trots att det är en gång- och cykelbana och endast underhållsfordon sporadiskt trafikerar vägen. Problemen var väldigt lokala, ungefär 15 meter av vägen var drabbad. På bilden nedan kan man se att staketet som ramar in lekplatsen vid sidan av vägen har sjunkit ner och lutar märkbart, vilket skedde i samband med att vägen blev dålig.



*Figur 11. Persbergsbacken 2023*

Figur 11 är bilder från Persbergsbacken idag. Staketet är inte åtgärdat. Däremot är vägen som lades om med geoceller idag jämn och utan tecken på sättningar eller sprickbildning. Vid platsbesöket var det väldigt mycket grus på vägen vilket gör att vägens skick blir otydligt på fotografiet. Detta är tredje våren sedan anläggningen med geoceller utfördes, det har således gått två år. Enligt SGU:s jordartskarta finns det urberg och glacial lera på området.

### 3.1.3 Ölmevägen

Nästa plats vi besökte var också en gc-bana i Farsta kommun. Ekman berättar att även här var problemen relativt lokala. Ungefär 55 meter av parkvägen hade sjunkit ned på sidorna och asfalten hade djupa längsgående sprickor. På den här platsen är det postglacial lera enligt SGU:s kartvisare för jordarter. År 2021 tog man bort den del av vägen som var i dåligt skick och tillförde geonät i den nya anläggningen vilket visas i figur 12.



*Figur 12. Bilder från Ölmevägen och anläggning av Geonät. (Ekman 2021).*

Redan samma år utsattes vägen för stor belastning av tunga fordon i och med andra projekt vid platsen (Ekman). Trots detta är vägen idag fortfarande till synes opåverkad. I figur 13 ser man Ölmevägens skick i dagsläget. Man ser skarven till vägvägnittet där vägen lades om. Vid platsbesöket kunde jag se att asfalten är hel och kanterna verkar stabila. I dagsläget finns det inga tecken på sättningar eller andra problem och skador. Nu har det gått två år sedan man gjorde om vägen, detta är tredje våren efter anläggning.



*Figur 13. Ölmevägen 2023*

### 3.1.4 Västboda



*Figur 14. Västboda. April 2023*

I Västboda, som också ligger i Farsta kommun, gjordes ytterligare observationer av en gc-bana, där det har varit liknande problematik som med de andra vägarna. Här har dock ingen geosyntetisk lösning använts utan man har lagat felan på traditionellt vis genom att endast fylla igen hål och sprickor och lappat asfalten när det har blivit nödvändigt. Vägen lades om 2017 och redan året efter hade det bildats djupa, långsgående sprickor i asfalten. Året därpå, 2019, lagades dessa (Ekman). När observationen utfördes var vägarna väldigt grusiga efter vinterns halkbekämpning trots det kan man se att problemen återigen är tillbaka på platsen och asfalten har spruckit. Figur 14 är ett fotografi från platsbesöket då långsgående sprickor i beläggningen observerades. Sprickor i marken är vanliga tecken på att en mark är instabil Skogsstyrelsen (2023). Enligt SGU:s kartvisare för jordarter finns här glacial lera och urberg.

## 3.2 Intervjustudie

Intervjudeltagarna:

- Ekman. Farsta stadsdelsförvaltning. Samtal vid flertal tillfällen, via digitala möten, fysiska möten och mailkontakt.
- Törnkvist. Geoskills. Samtal via telefon.
- Kjeld. Byggros. Mailkontakt.
- Carlsson. Bite Mark och anläggning Sverige. Mailkontakt.
- Mardam Agentur. Samtal via digitalt möte.

De intervjuade personerna har samfälliga åsikter angående fördelarna med geonät och geoceller. Under samtalen framkommer att vid vägbygge på svag mark kan de ofördelaktiga massorna behöva grävas ut och köras bort. Detta leder till mer transporter och eventuell deponering av material och därmed blir det också mer tidskrävande, högre koldioxidutsläpp och högre projekteringskostnader. Istället för att ta bort, i vägsammanhang, ofördelaktig och mjuk jord kan man med dessa markförstärkningsmetoder stabilisera och förstärka den befintliga jorden vilket kan vara ett både miljömässigt och ekonomiskt hållbart alternativ. Det kan även minska materialåtgången och tjockleken på överbyggnaden.

“Det blir en lastspridning över hela ytan vilket bidrar till en stor förbättring i bärrighet. Det är en konkurrenskraftig lösning i form av tid och pengar. Det kan spara 35–50 procent av fyllnadsmassor vilket i sin tur ytterligare minskar sättningar eftersom överbyggnaden blir mycket lättare.” (Törnkvist).

Samtalen pekar på att markförstärkning med geosyntetiska produkter är vanligt förekommande och populära metoder som ger bevisad effekt. Geonät används ofta till armering av vägkonstruktion på lös grund, exempelvis lera. Asfaltsarmering ingår i vissa projekt som förstärkning och för att ge ökad livslängd i asfaltlaget. Dessutom används geonät till armering av stödkonstruktioner som till exempel murar, och fiberduk används som separation av olika material i marken. En intervjudeltagare menar dock att geonät används i relativt liten utsträckning i Sverige idag och skulle med fördel kunna användas mycket mer.

“Det skulle kunna användas mer, men i Sverige har vi god tillgång på material som kan användas till bärande lager och på så sätt få stabilitet. I andra länder är det vanligare att man i stället armerar den befintliga jorden.” (Törnkvist).

Frågan om hur mycket ökad livslängd en väganläggning kan få med geosyntetisk markstabilisering ger otydligt resultat och något delade meningar. Törnkvist säger att man i vissa fall kan räkna med en 50 procentig ökning i livslängd av konstruktionen. Vägarna i Farsta som studerades under platsbesöken var bara två år gamla så där hade de inte så stor erfarenhet om livslängden. Ekman säger att det

har fungerat väl på de platser de testat dem, men det hade varit bra om tid funnits till en analys efter ytterligare ett par år för att få ett säkrare resultat

Ytterligare en fråga som inte helt oväntat får otydliga svar, är frågan om samtalsdeltagarnas syn på om klimatförändringarna tycks bidra till ökade problem och påverkan på väganläggningar. Kjeld anser att så är fallet, eftersom klimatförändringarna kan leda till ökad nederbörd och mycket vatten i marken kan reducera bärigheten på vägkroppen vilket ökar risken för spårbildning och skador i asfaltytan. Ekman berättar att efter sommaren 2018, då det var väldigt varmt och torrt, påverkades vägar negativt i större utsträckning än tidigare. Törnkvist menar att han inte sett fler problem de senaste tio åren. Men säger också att klimatet i Sverige är ibland problematiskt eftersom temperaturskillnaderna är så stora.

Under samtalen diskuterades gång- och cykelvägen i projekt-SHP. Kjeld påpekar att geonät används på vägar med hög trafikbelastning och geoceller som bland annat erosionskydd vid branta sluttningar och de båda alternativen kan klara av höga krafter. Därför bör det vara en effektiv lösning för en gång- och cykelväg. Ytterligare en deltagare anser att geonät lämpar sig väl för den typen av vägar. Metoderna fungerar såväl på lera som morän (Mardam agentur u.å.). Däremot kan markens specifika egenskaper på platsen vara avgörande för hur väl det fungerar. Törnkvist menar att om vägen till exempel drabbas av mycket tjälskador så kan det fungera något sämre.

Vilken typ av geosyntetisk produkt man ska välja tycks vara svårt att avgöra. Tillverkarnas rekommendationer och åsikter varierar och det är därför svårt att göra en jämförelse mellan olika produkter. Detta är också något som framkommer under samtalen. Flera deltagare menar att det kan vara svårt att veta vilken metod och produkt som är bäst, eftersom alla tillverkare såklart förespråkar sina egna produkter som de bästa på marknaden. Törnkvist säger att det saknas en opartisk undersökning.

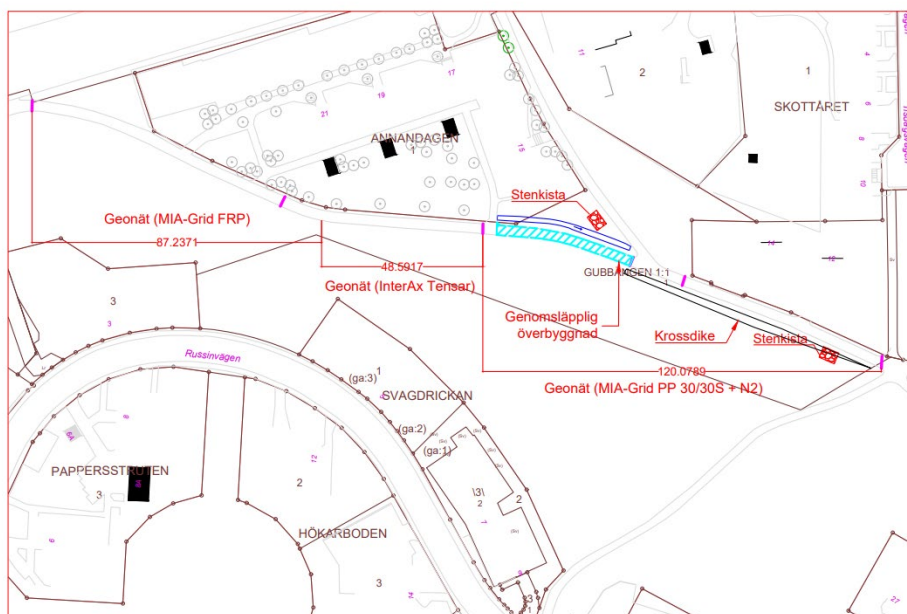
Törnkvist menar att det ofta saknas kunskap i ämnet vilket kan leda till att produkterna appliceras på fel sätt och därmed inte fungerar optimalt. Han berättar bland annat att det är viktigt att man sätter produkten på rätt djup under markytan för att få full effekt, något som även Suku et al. (2017) belyser i sin artikel. Detta görs ibland fel på grund av bristfälliga kunskaper vid anläggning och planering. Otillräcklig kunskap och undersökning om de geotekniska förhållandena är vanliga orsaker till skador (SGI 2020). Det är också väldigt viktigt att fraktionen på krossmaterialet man använder i överbyggnaden passar till geonätets maskor, påpekar Mardam Agentur. Om det inte är rätt fraktion kan nätet skadas och därmed förkortas livslängden. Via samtalen framkom även information om den senaste

varianten av geonät. Den kallas för InterAx och är i många fall betydligt mer effektiv i vägöverbyggnader än sina föregångare säger Törnkvist.

Under samtalen får jag även information om att appliceringen av geonät kan göras på något olika sätt beroende på platsen, men informanterna har i stort sett samma rekommendationer om den generella placeringen. Geonätet ska placeras på minst 200 mm djup och man kan lägga ytterligare lager med geonät på max 500 mm djup från första geonätet om vägen kräver hög förstärkning (Byggros).

### 3.3 Planering och förberedelser för projekt-SHP.

Efter platsbesök och samtal med Jan Ekman på Farsta kommun beslutades att jag skulle dela in sträckan i lämpliga avsnitt och lämna förslag på olika geosyntetiska markförstärkningsprodukter. Med hjälp av Auto CAD tog jag fram en enkel skiss som ska användas till projektet och skickas till entreprenören inför anläggning.



Figur 15. Sträckan indelad i vägvsnitt med produktförslag.

Under platsbesöket diskuterades även möjligheten att tillföra en mer genomsläpplig överbyggnad på sträckan där vi såg att det samlades mycket vatten. Tanken med det är att vattnet inte ska stanna kvar på ovansidan av vägen eller i vägkroppen utan kunna rinna genom vägen och ut på andra sidan. Detta kan göra att marken under vägen blir stabilare och eventuellt minska skadorna i beläggningen. Dock är det då troligt att det samlas än mer vatten i diket på andra sidan vägen och därför måste det vattnet i sin tur ledas bort. Ekman överväger att tillföra en stenkista på den sidan av gatan där vattnet kan magasineras och ytterligare en stenkista i korsningen, längst till höger i bild, på gräsytan. Jag ritade in även detta i CAD-skissen (figur15).

Stenkista är en dräneringslösning för att magasinera dagvatten som samlas på olämpliga ställen (Bodin et al. 2021).

Efter ytterligare samtal med Ekman fick jag information om att de även planerar att anlägga ett krossdike från korsningen i öster. Detta ska leda vattnet därifrån till avsnittet med den genomsläppliga överbyggnaden. Krossdiken kan utformas på olika sätt och är en metod för att fördröja och leda dagvatten och kan även bidra till viss rening av vatten. Med denna lösning ska vattnet som samlas i diket antingen rinna ner till grundvattnet eller ledas vidare via diket. Krossdiket fylls med sten i olika grovlek (Stockholms stad 2023).

### 3.3.1 Förslag på produkter till projekt-SHP

Under samtal med personer på Mardam Agentur samt Geoskills fick jag tips på olika produkter som skulle passa för projekt-SHP. Mardam Agentur menar att geoceller är väldigt användbara till att forma landskap, skapa gröna väggar, förstärka slänter och ger en kraftfull bärighet som utnyttjas för markförstärkning på bland annat landningsbanor. Geoceller har väldigt många användningsområden men kan vara något överflödigt för en gc-bana. Mardam Agentur menar att geonät är tillräckliga förstärkningsmetoder och föreslog några olika typer. Från Geoskills fick jag ytterligare förslag på produkter. De förespråkade bland andra den senaste varianten av Tensars geonät InterAx.

Till den första sträckan från höger i bild, valde jag en typ av geonät som används för asfaltsarmering. Till nästa avsnitt valde jag Tensars senaste variant av geonät som heter InterAx och på den tredje sträckan, ytterligare en variant av geonät med integrerad textil som jag fick tips om. Ytterligare ett förslag blir signalnät som appliceras på ställen där det ligger ledningar i marken. Eftersom näten levereras i rullar om allt från 50 till 100 meter beroende på vilken tillverkare de kommer från så tog jag reda på vilken längd de olika näten hade och anpassade vägavsnitten utifrån de måtten. Jag föreslår också signalnät om det finns kablar eller ledningar under vägen för att de inte ska grävas sönder om det utförs ingrepp i vägen i framtiden. Motivering till valen återges i diskussionskapitlet, avsnitt 4.1.1.

Typ	Namn	Mått
Geonät	MIA-Grid PP 20/20S + N2	3,95x50
Geonät	MIA-Grid FRP 100/100kN	2x100m
Geonät	InterAX	50 m
Signalnät	TENAX signalnät Gigan	1,8x30m



# Diskussion

## 4.1 Resultatdiskussion

Föresatsen med denna studie var delvis att bestämma om geonät och geoceller är lämpliga alternativ för markstabilisering av parkvägen i Hökarängen. Under observationerna noterades att Västboda har ohållbara och ständigt återkommande problem med sprickbildning. Jan Ekman menar att problemen kom tillbaka redan året efter åtgärd. Enligt Trafikverket (2022) kan en vägbeläggning hålla i upp till 25 år på den här typen av vägar. Ölmevägen och Persbergsbacken hade initialt samma slags problem som Västboda, men efter anläggning av geosyntetiska markförstärkningsmetoder har de klarat sig betydligt bättre. Visserligen var åtgärderna på Ölmevägen och Persbergsbacken gjorda för endast två år sedan vid tidpunkten för observationen vilket ger viss osäkerhet eftersom sättningar kan pågå i många år. En av frågorna till intervjudeltagarna gällde den ökade livslängden som erhålls med hjälp av geosyntetisk markförstärkning, något som gav grova uppskattningar och ett vagt resultat. Det är oklart hur mycket längre hållbarhet man kan räkna med för anläggningar med geosyntetisk markförstärkning, då detta till hög grad lär vara platsberoende men samtliga intervjudeltagare var eniga om att det förlänger vägens hållbarhet. En mer långsiktig analys av vägarna i Farsta vore därför önskvärd för att erhålla ett säkrare resultat. Litteraturen till denna studie tyder på att det utförts mer av den typen av forskning i andra länder. Enligt Suku et al. (2017) har fältstudier utförts bland annat i Indien där effektiviteten av geosynteter utvärderades under en period av åtta år. Data visade att geosyntetisk markförstärkning avsevärt förbättrade bärlagrets prestanda, vilket minskade spårbildning och deformation och ökade ytskiktets livslängd. Men eftersom markens bärighet påverkas av klimat och typ av jordart anser jag att är det osäkert hur stor relevans dessa forskningsresultat har här i Sverige där helt andra förutsättningar råder. En bedömning om förutsättningarna är jämförbara skulle behövas.

Angående svenskt klimat bidrog dock litteraturen i belägg för att geosynteter fungerar väl även i tjälfarliga jordar. Zhao (2020) beskriver att en studie där experiment med tjäle och tjällossning utfördes på siltig lera med och utan geonätsförstärkning visade resultat på att den armerade marken fick minskad tjällyftning jämfört med den utan geonät. Han menar att geonätet effektivt motverkar ojämna rörelser i vägytan genom att kraften från tjällyftning och sättningar överförs till och sprids över geonätet. En av intervjudeltagarna menar

dock att geonät inte fungerar optimalt mot just tjäle men att det kan förbättra prestandan och minska skadorna.

Som nämnt tidigare består marken på platsen av sandig morän vilket var lite oväntat. Initialt förmodade jag att det var lerig mark som orsakade problemen eftersom leror är känsligare och mer benägna att röra på sig. Det finns dock risk för erosion om en jord som innehåller mycket sand är vattenmättad eller i brant lutning menar Skogsstyrelsen (2023).

Vägen går längs med en relativt brant sluttning så dagvattnet kan rinna ner mot vägen. Jag kunde se att det var mycket stående vatten i diket längs med vägen. Denna iakttagelse visar att problemet skulle kunna bero på att det blir mycket vatten i vägens underlag vilket gör att markens hållfasthet minskar, det kan bli tjälskador när vattnet i marken fryser och markpartiklar kan sköljas bort.

Med resultaten från observationer och med deltagarnas positiva erfarenheter av geonät och geoceller tolkar jag det som att dessa geosyntetiska markförstärkningsmetoder är en passande tillämpning för projekt-SHP. Ett begränsat material kräver förstås en försiktig tolkning men i och med att det empiriska underlaget bekräftas med litteraturen (Lundström 2018; Skogskunskap 2018) styrker det resultaten.

Kan geosyntetiska markförstärkningsmetoder vara ett sätt att arbeta förutseende med att motverka eventuella effekter av klimatförändringarna och dess negativa påverkan på exempelvis vägar? Gällande den frågeställningen är resultaten knapphändiga och det behövs mer information för en sådan slutsats. Bland annat information om materialens beständighet, miljöpåverkan och klimatets utveckling. Men resultaten visar att geoceller och geonät minskar skador i mark, som kan komma av klimatförändringarnas effekter. Geosyntetiska markförstärkningsmetoder kanske är ett sätt att arbeta förutseende för ett hållbart markbygge i ett föränderligt klimat och något man bör överväga vid projektering av vägbyggnation. För detta behövs kunskaper om klimatet och hur det kan förändra markförhållanden, och kompetens inom geologi och markförstärkning. I en handlingsplan för hållbart markbyggande som har tagits fram av Statens geotekniska institut, beskrivs vikten av detta.

”Vid projektering och byggande måste hänsyn tas till framtida klimatlaster. Grundläggnings- och markförstärkningsmetoder behöver anpassas till nya förutsättningar (SGI, 2018). Det finns en stor potential att förbättra effektiviteten genom att ta större hänsyn till markförhållanden vid byggande och anläggning.” (SGI 2020).

#### 4.1.1 Projekt-SHP Förslag och dokumentation

Mina förslag på produkter till Farsta kommun grundar sig på tips från intervjudeltagarna och från den litteraturgenomgång jag gjort under studien. Jag valde asfaltsarmering eftersom den varianten skiljer sig från övriga i och med att den appliceras i ytskiktet och eftersom tanken var att testa olika produkter och metoder är detta ett intressant alternativ. Den blir som ett spänningsbrytande lager i asfalten som motverkar skador och svagheter (Mardam Agentur u.å.)

Till den andra sträckan valde jag Tensars geonät InterAx efter rekommendation från Törnkvist. Han menar att det är en väldigt bra produkt och kan användas till mer varierade kornstorlekar vilket gör anläggningen mer flexibel.

Vidare valde jag ett geonät med integrerad geotextil. Textilen förhindrar finkornigt material från att förflyttas till de förstärkande och bärande lagren vilket skulle kunna påverka stabiliteten (Mardam Agentur u.å.). Enligt Mardam Agentur (u.å.) är det geonätet också tidsbesparande och enkelt att rulla ut vilket blir ekonomiskt fördelaktigt.

Om det finns kablar eller ledningar under vägen föreslår jag att man också applicerar signalnät för att dessa inte ska grävas sönder om det utförs ingrepp i vägen i framtiden.

Angående dokumentationen av projekt-SHP som jag skulle bistå Farsta kommun med, har jag bidragit med det jag kunnat hittills. Projektet drog ut på tiden och därför hann jag endast vara med under viss planering av projektet. Det hade varit intressant att vara med längre fram i projektet också, i skeden såsom anläggningsarbete och utvärderingen av projektet. Dock är arbetet med parkvägen i Hökarängen idag fortsatt pågående och detta är också en möjlighet till fortsatta studier och uppföljning av anläggningen med de geosyntetiska markförstärkningsmetoderna.

## 4.2 Ämnets relevans till kursen Självständigt arbete i Landskapsarkitektur

För att framhålla relevansen med ämnet i denna uppsats vill jag påpeka att geonät och geoceller inte enbart är metoder för förstärkning av vägar utan produkterna är applicerbara i många olika områden inom landskapsarkitektur. De kan vara användbara i både estetisk och funktionell utformning av landskap. Geonät kan användas på ytor som till exempel torg med plattläggning, små grusvägar i parker och stödmurar. Geoceller har väldigt stort användningsområde. De kan vara ett sätt

att forma landskap och skapa rumslighet med kullar, dammar och väggar med vegetation. Därför menar jag att det är ett passande ämne för utbildningen, klimatförändringarnas utmaningar och dagens krav på hållbarhet och det finns mycket att lära inom ämnet.

### 4.3 Metodreflektion

I litteraturgenomgången användes broschyrer från tillverkare av produkterna vilka är subjektiva. Emellertid använde jag endast information som beskriver produkterna och dess tekniska funktion och till det ansåg jag att de är godtagbara källor.

Valet av att samla material genom samtalsmetod och observationer kändes givet med detta ämne och på grund av kontakten jag fått till projektet i Farsta. Resultaten från observationerna är tydliga. En begränsning är dock tiden som passerat sedan markförstärkningen utfördes på platserna. Det har bara gått två år sedan anläggningen och sättningar kan som nämnts tidigare pågå i många år, vilket kan leda till en begränsning i tillförlitlighet. Vidare är det endast två anlagda platser som har undersökts i denna studie vilket också kan vara en svaghet. Det hade varit intressant att undersöka fler referensprojekt och även projekt som anlades för en längre tid sedan då jag inte heller har hittat någon forskningslitteratur där metoderna tillämpats vid svenska förhållanden.

Fler intervjudeltagare hade kunnat gynna studien. Det hade medfört en bredare bild och eventuellt mer variation till resultatet vilket hade varit intressant. En svaghet med intervjuer kan vara att det lätt blir personliga åsikter med i bilden men till denna studie var det mycket värdefullt att få ta del av personernas erfarenheter och kunskap. Man kan även ifrågasätta tillförlitligheten med egna observationer då det finns risk för personliga och kanske inkorrekta tolkningar. Trots det anser jag att kombinationen med de tillämpade metoderna tillsammans gav ett tillförlitligt resultat.

### 4.4 Vidare studier

Förutom fortsättningen med projekt-SHP som vidare studie, vore det även intressant att ta reda på mer om eventuella nackdelar med de geosyntetiska produkterna och metoderna vilket jag inte kunde hitta information om till denna uppsats. Dels på grund av den begränsade tiden till studien, och dels för att det verkar vara svårare att hitta denna typ av information. Jag anser att en viktig fråga är aspekten kring huruvida tillverkningen av dessa produkter är miljömässigt

hållbar, om produkternas beständighet och om det är försvarbart att lägga ner plastmaterial i marken ur hållbarhetsaspekt. Tillverkning och förbränning av plaster påverkar miljön genom utsläpp av växthusgaser (Naturvårdsverket u.å.). Enligt Vieira (2022) finns få studier angående återanvändning av material för tillverkning av geosynteter. En undersökning med jämförelser av produkternas miljöpåverkan kontra miljövinster behövs för ett tillförlitligt resultat.

## 4.5 Slutsats

Kombinationen av materialet som samlats in genom de olika metoderna gjorde det möjligt att skapa en diskussion och uppnå ett resultat. Baserat på en rimlighetsbedömning utifrån de sammanlagda undersökningsresultaten är de geosyntetiska markförstärkningsmetoderna med geoceller och geonät väl fungerande alternativ till varaktiga väganläggningar. De är även lämpliga i projekt-SHP och förslag på produkter redovisas i avsnitt 4.1.1. Resultaten visar att geoceller och geonät minskar skador i mark, som kan komma av klimatförändringarnas effekter. Om de bör användas i förebyggande syfte är dock ett ämne för vidare fördjupning.

# Referenser

- Blombäck K., Dahlin, S. & Eriksson, J. (2020). *Markvetenskap för landskapsarkitekt- och landskapsingenjörsutbildningarna i Uppsala*. SLU.
- Bodin, A., Hidemark, J., Nyström, S. & Stintzing, M. (2021). *Arkitektens handbok*. 13 uppl., Lund: Studentlitteratur
- Byggros (u.å.) Geonät och stabilisering. [Geonät till jordarmering och stabilisering - många olika sorter \(byggros.com\)](#) [2023-04-10]
- Byggros (u.å.). GS GRID - effektiv armering av vägkonstruktioner. [gs-grid-geonett-se1.pdf \(bygggtjanst.se\)](#) [2023-05-05]
- Höök, P. (2020). *Trender och utmaningar för infrastrukturen 2020*. [Trender och utmaningar för infrastrukturen 2020 | INFRASTRUKTURnyheter.se](#) [2023-04-23]
- Lundström, K., Dehlbom, B., Löfroth, H. & Vesterberg, B. (2018). *Klimatlasterns effekter på naturlig mark och geokonstruktioner, – geotekniska aspekter på klimatförändringen*, Statens geotekniska institut, Linköping: SGI
- Mardam Agentur (u.å.) *MIA*. [MIA-Grid PP - Mardam Agentur AB](#) [2023-04-04]
- Mehrabi, M.H., Ibrahim, Z., Ghodsi, S.S. & Suhatri, M. (2018). Numerical Analysis of an Embankment Resting on a Combined Mass Stabilization and Lime Columns in Clayey Soil. *IOP conference series. Materials Science and Engineering*, 431 (11). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/431/11/112011>
- Naturskyddsföreningen (2020). [Vanliga frågor om klimatförändringarna - Naturskyddsföreningen \(naturskyddsforeningen.se\)](#)
- Naturvårdsverket (u.å.) [Konsekvenser för teknisk infrastruktur \(naturvardsverket.se\)](#) [2023-05-18]
- Naturvårdsverket (u.å.) [Förbränning av fossilbaserad plast behöver minska för att Sverige ska nå sina klimatmål \(naturvardsverket.se\)](#)
- Olsson, C. & Holm, G. (2020) Pålgrundläggning. SGI
- Rankka, W., Löfroth, H., Dehlbom, B. & Jönsson, Å., (2019). Markunderbyggnaders egenskaps-förändringar med klimatlaster , BIG A2017-28, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping.
- Rogbeck, Y., Lindmark, P. & Johansson, U. (1994) Geosynteter. *Beständighet och provningsmetoder. Förstudie* (SP Rapport 1994:11) Linköping: Statens geotekniska institut. [Geosynteter. Beständighet och provningsmetoder. Förstudie \(sgi.se\)](#)
- Rikstermbanken (u.å.) [Rikstermbanken](#) [2023-05-23]
- SGI (2022) Jords hållfasthet. [Jords hållfasthet - SGI \(swedgeo.se\)](#) [2023-04-11]
- SGI (2020) Hållbart markbyggande – en handlingsplan i ett föränderligt klimat 2021–2025, SGI Vägledning 3, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping
- SGI (2020). *Vad är sättningar. Sättningar i småhus*. Statens geotekniska institut. [2023-04-11]
- SGU (u.å.) [Risker \(sgu.se\)](#) [23-04-15]

- Skogsstyrelsen (2023). [Brant erosionskänslig terräng - Skogsstyrelsen](#)[2023-05-10]
- Skogskunskap (2016). Förstärkning av vägbanken [Förstärkning av vägbanken - Skogskunskap](#)[2023-05-10]
- Skogskunskap (2016). [Vägens uppbyggnad - Skogskunskap](#). [2023-04-04]
- SMHI(2022) [Sveriges klimat har blivit varmare och blötare | SMHI](#)
- SMHI (2021). *Tjäle*. [Tjäle | SMHI](#). [2023-04-21]
- Stockholms stad (2023) [Makadamdike - Stockholms miljöbarometer](#) [2023-05-15]
- Svensk byggtjänst (2020) Nederbörd orsakar sättningar i geokonstruktioner. [Sättningar i vägar och järnvägar orsakas främst av nederbörd \(byggtjanst.se\)](#) (byggtjanst.se)
- Suku, L., Prabhu, G.L, S. & Babu, S. (2017). Effect of geogrid-reinforcement in granular bases under repeated loading, *Geotextiles and Geomembranes*. Vol 45 issue 4. [Experimental study on freezing and thawing deformation of geogrid-reinforced silty clay structure](#)
- Trafikverket (2022). Underhåll av belagda vägar. Underhåll av belagda vägar - [www.trafikverket.se](#)
- Trafikverket (2021). Gångtrafiken i samhällsplaneringen. Gångtrafiken i samhällsplaneringen - Bransch (trafikverket.se) [2023-04-23]
- UNDP (2022). Globala målen . Svenska FN-förbundet. Mål 9: Hållbar industri, innovationer och infrastruktur - Globala målen (globalamalen.se)[230415]
- Vieira, C.S. (2022). Sustainability in Geotechnics through the Use of Environmentally Friendly Materials. *Sustainability*, 14, 1155. [https:// doi.org/10.3390/su14031155](https://doi.org/10.3390/su14031155)
- Wang ,Y., Guo, P., Li, X., Lin, H., Liu, Y. & Yuan, H. (2019). Behavior of Fiber-Reinforced and Lime-Stabilized Clayey Soil in Triaxial Tests. *Applied Sciences*. 2019; 9(5):900. <https://doi.org/10.3390/app9050900>
- Wiman, L. & Tholen, O. (1999). Vägens uppbyggnad. [Start - Asfaltboken](#) [2023-04-04]
- Wågberg, L. (2003). Bära eller brista. Svenska kommunförbundet, VTI och Vägverket. Stockholm
- Zhao, R., Zhang, S. & He, J. (2020). Experimental study on freezing and thawing deformation of geogrid-reinforced silty clay structure. *Bull Eng Geol Environ* **79**, 2883–2892. <https://doi.org/10.1007/s10064-020-01725-x>

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.